


**Structure manufactured on a photos nsitively layer d substrate by  
m ans of focuss d laser radiation and method and apparatus for its  
fabrication.**

Patent Number: EP0467076  
Publication date: 1992-01-22  
Inventor(s): THUREN ANDERS (SE); SANDSTROEM TORBJOERN (SE)  
Applicant(s):: MICRONIC LASER SYSTEMS AB (SE)  
Requested Patent: ☐ EP0467076, ☐ A3, ☐ B1  
Application Number: EP19910109849 19910615  
Priority Number(s): DE19904022732 19900717  
IPC Classification: G03F7/20 ; H04N1/04  
EC Classification: G06K15/12, H04N1/04, H04N1/40M, G03F7/20T18  
Equivalents: ☐ DE4022732, ☐ JP6083023

**Abstract**

Geometrical pattern produced on a photosensitively coated substrate by focused laser radiation and a method and apparatus for its fabrication, in which, depending on a format which specifies the pattern elements and their exposure, a photosensitive coating on the substrate is exposed with the aid of at least one modulated and focused laser beam along scanning lines, arranged in parallel and at equal spacings from one another, at image element points arranged at equal spacings along the scanning lines, the designed geometrical spacing between adjacent image element points in a scanning line being at least a factor of four less than the spacing between adjacent scanning lines. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 467 076 A2**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 91109849.9

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: G03F 7/20

22 Anmeldetag: 15.06.91

Ein Antrag gemäss Regel 88 EPÜ auf Berichtigung der Figuren 4a und 4b liegt vor. Über diesen Antrag wird im Laufe des Verfahrens vor der Prüfungsabteilung eine Entscheidung getroffen werden (Richtlinien für die Prüfung im EPA, A-V, 2.2).

30 Priorität: 17.07.90 DE 4022732

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
22.01.92 Patentblatt 92/04

84 Benannte Vertragsstaaten:  
CH DE FR GB LI NL

71 Anmelder: MICRONIC LASER SYSTEMS AB  
P.O. Box 3141  
S-18303 Täby(SE)

72 Erfinder: Thurén, Anders  
Torgnyvägen 21  
S-18372 Täby(SE)  
Erfinder: Sandström, Torbjörn  
Banvägen 56  
S-43543 Mölnlycke(SE)

74 Vertreter: Nöth, Heinz, Dipl.-Phys. et al  
Patentanwalt, Mozartstrasse 17  
W-8000 München 2(DE)

54 Auf einem lichtempfindlich beschichteten Substrat durch fokussierte Laserstrahlung hergestellte Struktur sowie Verfahren und Vorrichtung zu ihrer Herstellung.

57 Auf einer lichtempfindlich beschichteten Unterlage durch fokussierte Laserstrahlung hergestelltes geometrisches Muster sowie Verfahren und Vorrichtung zu seiner Herstellung, bei dem in Abhängigkeit von einem Format, das die Musterelemente und ihre Belichtung angibt, mit Hilfe wenigstens eines modulierten und fokussierten Laserstrahls eine auf der Unterlage angeordnete lichtempfindliche Schicht ent-

lang paralleler, in gleichen Abständen voneinander angeordneten Abtastlinien in längs der Abtastlinien gleiche Abstände voneinander aufweisende Bildelementpunkte belichtet wird, wobei der geometrische Abstand zwischen benachbarten Bildelementpunkten in einer Abtastlinie um einen Faktor von wenigstens vier kleiner bemessen wird als der Abstand zwischen benachbarten Abtastlinien.

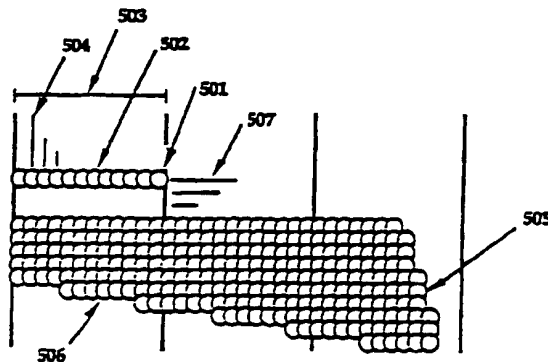


Fig. 5a

EP 0 467 076 A2

Die Erfindung betrifft eine auf einem lichtempfindlich beschichteten Substrat durch fokussierte Laserstrahlung hergestelltes Flächenmuster, insbesondere Struktur sowie ein Verfahren und eine Vorrichtung zu seiner bzw. ihrer Herstellung, insbesondere von Strukturen aus Chrom auf Glas, welche als Masken oder Reticles für die Photolithographie bei der Halbleiterherstellung verwendet werden.

Masken und sogenannte Reticles mit äußerst genauen Strukturen aus Chrom auf Glasunterlagen werden für die Herstellung photolithographischer Strukturen in der Halbleiterherstellung verwendet. Ein 5fach-Reticle, d. h. eine Struktur, welche auf den Halbleiter-Wafer fünffach photographisch verkleinert wird und in naher Zukunft den wohl am meisten üblichen Maskentyp verkörpert, kann aus einer Quarzplatte mit einer Abmessung von 150 mm x 150 mm bestehen, die eine Struktur aus lichtundurchlässigem Chrom aufweist. Die Struktur wird gebildet durch Belichtung mit Licht oder einem Elektronenstrahl eines licht- bzw. elektronenempfindlichen Überzugs, der einen Chromfilm bedeckt. Der licht- bzw. elektronenempfindliche Überzug wird dann chemisch entwickelt und der belichtete Teil entfernt. Bei einem anschließenden Ätzvorgang wird das Chrom an den Stellen des entfernten Überzugs weggeätzt, und der verbleibende Chromfilm bildet die Struktur.

Die geringsten Linienbreiten bekannter 5fach-Reticles betragen etwa 2 Mikron. Die geforderte Genauigkeit ist jedoch beträchtlich höher. Zulässige Overlay-Fehler, d. h. die zulässige Differenz zwischen der Lage der Chromkanten in zwei aufeinanderfolgenden Schritten hergestellten identischen Reticles ist in der Größenordnung von 0,05 Mikron.

Reticles finden in der Halbleiterherstellung ihre Hauptanwendung für die Herstellung genauer Strukturen. Es sind jedoch noch viele andere Anwendungsmöglichkeiten vorhanden, beispielsweise auf dem Gebiet der integrierten Optik, der Beugungsoptik, computererzeugter Hologramme, der Mikrobearbeitung von miniaturisierten Sensoren, optischer Informationsspeicherung und von supraleitenden Einrichtungen. Die hohen Kosten vorhandener Herstelleinrichtungen für Flächenmuster bzw. Strukturen mit ausreichender Genauigkeit, insbesondere von Elektronenstrahl-Reticleschreibern, stellt eine Hürde dar für die Entwicklung neuer Geräte auf diesen weniger entwickelten Gebieten, insbesondere in Universitäten und kleineren Firmen.

Allen bekannten Pattern-Generatoren ist gemeinsam, daß die Maske bzw. das Reticle in einer digitalen Datenbank beschrieben ist. Diese Datenbank enthält eine Liste aller Strukturelemente mit ihren geometrischen Daten.

Vor dem Schreiben der Strukturen werden die

geometrischen Daten auf das durch die schreibende Hardware verwendete Format umgesetzt. Während der Umsetzung werden die geometrischen Koordinaten auf die adressierende Auflösung der Hardware, d. h. auf das schreibende Adressraster, zugeschnitten.

Ein dabei auftretender Approximationsfehler von 0,25 Mikron, der durch ein Adressraster von 0,5 Mikron erzeugt wird, ist akzeptabel, wenn die Struktur mit diesem Adressenraster gebildet wird und niemals reskaliert wird. Jedoch bewirken Operationen, wie beispielsweise eine gleichförmige Skalierung einer Struktur durch beispielsweise 93 %, einen vorgegebenen Prozeßfehlerbereich (beispielsweise eine Erhöhung der Abmessung aller Elemente zur Kompensation von zu geringem Ätzen während des Prozeßablaufs) von beispielsweise 0,15 Mikron oder eine Verlagerung der Struktur bzw. Flächenmusters um einen zusätzlichen Abstand, unvorhersehbare Approximationsfehler, die in der Struktur erscheinen.

Ein Adressenraster, welches fein genug ist, um den Approximationsfehler bedeutungslos zu machen, ist erforderlich, damit diese Operationen bzw. Verfahrensschritte möglich sind. Ein feineres Raster ermöglicht ferner, daß die Struktur unabhängig von der verwendeten Maschine, mit welcher die Struktur geschrieben wird, hergestellt werden kann. Dies ist erwünscht, da die Gestaltung und die Herstellung der Maske in unterschiedlichen Herstellungsstätten stattfindet. In bevorzugter Weise soll der Approximationsfehler geringer als 0,05 Mikron für 5fach-Reticles sein.

Die meisten modernen Pattern-Generatoren verwenden ein Rasterscan-Prinzip mit einem Scanstrahl, der entweder ein Elektronenstrahl oder Laserstrahl ist, der entlang paralleler Linien bzw. Zeilen auf dem Substrat, das mit einem strahlungsempfindlichen Überzug bedeckt ist, abgelenkt wird. Der Strahl wird ein- und ausgeschaltet in Abhängigkeit von einer Bitkarte (Bitmap) für die Struktur, die im Kontrollsystem gespeichert ist. Eine andere Möglichkeit besteht darin, daß der Strahl während einer Schreibzeit erzeugt wird, die aus Daten abgeleitet wird, welche in einem verdichteten Zwischenformat gespeichert sind.

Für eine Struktur (Flächenmuster) mit einem Adressenraster von 0,5 Mikron läßt sich eine Bitkarte mit einem Bit für jeden Rasterpunkt herstellen. Normale Schreibgeschwindigkeiten liegen bei 5 bis 10 Quadratmillimeter pro Sekunde. Dies entspricht einer angemessenen Datengeschwindigkeit von 20 bis 40 Mbit pro Sekunde mit einem Datenvolumen von 10 bis 100 Gigabyte pro Maske. Mit Hilfe eines geeigneten Datenverdichtungsalgorithmus ist es möglich, die verdichteten Daten auf einer Festplatte zu speichern und zur Schreibzeit auf das volle Datenvolumen zu expandieren. Für ein

ist die Datengeschwindigkeit verträglich mit herkömmlich verwendeten Familien von integrierten Schaltungen und im Handel erhältlichem elektro-optischen und akusto-optischen Modulatoren.

Im Prinzip könnte ein Muster mit einer Adressierbarkeit von 0,05 Mikron auch mit Scan-Zeilen im Abstand von 0,05 Mikron und einem Pixelabstand von 0,05 Mikron entlang der Scan-Zeile geschrieben werden. Jedoch entspricht eine Bitkarte mit einem 0,05 Mikron-Raster und einem oben erwähnten Flächendurchsatz einer Datengeschwindigkeit von 2 - 4 Gbit pro Sekunde. Die Modulation eines einzelnen Schreibstrahls mit dieser Geschwindigkeit ist nicht möglich. Außerdem ist das Datenvolumen hundertmal größer als für das 0,5 Mikron-Raster und ist ziemlich unhandbar. Selbst eine Realzeitexpansion vom verdichteten Datenformat ist nicht praktikabel, da der Datenfluß die Datenbusleitungen der meisten Prozessoren verstopfen würde. Technologische Begrenzungen bei der Modulationsgeschwindigkeit und dem Datenfluß würden die Schreibgeschwindigkeit beträchtlich einschränken und einen Reticle-Schreiber mit einer vollen Pixelmap mit 0,05 Mikron-Adressenraster nicht anwendbar machen.

Es ist bekannt, Masken und Reticles mit Hilfe einer Laserscaneinrichtung zu erzeugen (US-PS 4 060 816). Diese bekannte Einrichtung ist jedoch zu langsam für beispielsweise eine praktische Anwendung bei der Maskenherstellung.

Das einfache mechanische Scanning in X- und Y-Richtung führt zu einem ungeeigneten Durchsatz, und es ist bekannt, daß ein Sub-Scan-Prinzip zur Erhöhung der Schreibgeschwindigkeit verwendet werden kann (US-PS 4 455 485).

Ferner ist es bekannt (GB-PS 2 215 553), daß man ein feineres Adressiergitter mit einem festen groben Schreibgitter erhalten kann, wenn die Oberfläche mehrere Male abgetastet wird. Aufeinanderfolgende geschriebene Raster können mit geringer Verlagerung übereinandergelegt werden, so daß die Dichte des sich ergebenden Rasters erhöht wird. Als weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Adressierauflösung wird mehrere Male mit einer jedesmal modifizierten Bitkarte geschrieben, so daß einige Bildelemente zweimal geschrieben werden und andere Bildelemente nur einmal geschrieben werden. Da der Brennpunktfehler größer ist als der Abstand zwischen den Bildelementen, ist die Belichtung eine glatte Funktion, die die einzelnen Bildelemente überdeckt. Ein Strukturelement besitzt Kanten, von denen aus die Belichtung von Null bis zur vollen Belichtung glatt ansteigt. Das Hinzufügen einer Reihe von Pixeln mit halber Intensität hat die Wirkung der Verschiebung des Intensitätsprofils um einen halben Pixelabstand. Durch viermaliges Schreiben eines 0,5 Mikron-Rasters, wobei zweimal die ursprünglich Position und zweimal

ein um 0,25 Mikron versetzte Positionierung gewählt wird, erzielt man ein effektives Adressiergitter von 0,125 Mikron gemäß dem Verfahren nach der GB-PS 2 215 553. Hierbei ergibt sich ein effektives Adressiergitter, das um das Vierfache geringer ist als das Hardwaregitter; jedoch benötigt man vier über die Oberfläche geführte Schreibdurchgänge.

Es ist ferner bekannt, daß bei Videowiedergaben Bildelemente an Pixelbruchteilen positioniert werden können unter Verwendung der sogenannten "Antialiasing"-Technik (IEEE CG + A, Januar 1981, Seiten 40 bis 48). Das Bild, welches aus einer digitalen Datenbank erzeugt werden kann, wird an fiktiven Sub-Pixelpositionen abgetastet. Die abgetasteten Subpixel Daten werden über mehrere wirkliche Pixel hin geglättet, und die geglätteten, d. h. ausgebreiteten Daten von jedem Subpixel werden an den wirklichen Pixelpositionen addiert. Das Auge interpretiert diese hieraus resultierenden verschwommenen Übergänge als scharfe Kanten, und die in Erscheinung tretende Position von Kanten kann in kleine bruchstückhafte Bildelementzunahmen durch Modifizierung der Dosis an den Pixelstellen geändert werden.

Ferner ist es bekannt, daß die Runlänge-Codierung (RLE) ein geeigneter Datenverdichtungsalgorithmus für Bildelementdaten, die lange Folgen von einzelnen Werten enthalten, ist. Das Volumen der verdichteten Daten ist eine Funktion hauptsächlich der Anzahl der Übergänge von einem Wert zu einem anderen und zurück und hängt in geringem Umfang von der Bitmap-Auflösung ab.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Struktur der eingangs genannten Art sowie ein Verfahren und eine Vorrichtung zu ihrer Herstellung mit Hilfe eines fokussierten Laserstrahls zu schaffen, bei dem eine erhebliche Erhöhung der Rasterauflösung ohne Beeinträchtigung der Schreibgeschwindigkeit und guter Kantenqualität bei handhabbaren Datenvolumen erreicht wird.

Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Anspruchs 34, verfahrensmäßig durch den Gegenstand des Anspruchs 1 und vorrichtungsmäßig durch den Gegenstand des Anspruchs 26 gelöst. Die Unteransprüche kennzeichnen Weiterbildungen der Erfindung.

In vorteilhafter Weise läßt sich durch die Erfindung eine Verbesserung der Rasterauflösung um einen Faktor 4 und mehr ohne Beeinträchtigung der Schreibgeschwindigkeit erreichen. Die Kantenabweichung ist geringer als bei der bloßen "Antialiasing"-Technik, und das Datenvolumen besitzt einen handhabbaren Umfang.

Im Hinblick auf die Erhöhung der Dichte von Adressierpunkten hat sich herausgestellt, daß eine Erhöhung der Dichte der Scan-Zeilen in nicht annehmbarem Aufwand an Schreibzeit erfordert. In

der Praxis sind sowohl die Scan-Geschwindigkeit als auch die maximale Modulationsfrequenz des Laserstrahls begrenzt. Eine Verdoppelung der Scan-Zeilendichte würde eine Verdoppelung der Scan-Geschwindigkeit und eine Verdoppelung der Anzahl der pro Sekunde zu schreibenden Pixel erforderlich machen. In Richtung entlang der Scan-Zeile ist eine Verringerung des Pixelabstands um mindestens das Vierfache, insbesondere Fünf- und Achtfache, nicht allzu schwerwiegend, da ein dichteres Adressiergitter lediglich einen geringen Zeitzuwachs zwischen den Rasterpunkten bedeutet. Mit ungeänderter minimaler Strukturgröße im Flächenmuster bleibt die Schaltfrequenz des Modulators unbeeinflusst. Die Schwierigkeit liegt in dem größeren Datenvolumen zur Spezifizierung einer Struktur mit einem dichteren Raster.

Die Figuren dienen zur Erläuterung der Erfindung.

Es zeigen:

Fig. 1a bis 1d

Darstellungen bekannter Verfahren;

Fig. 2a und 2b

Darstellungen von Kantenbereichen von Scan-Zeilen;

Fig. 3

eine Vorrichtung zur Herstellung einer Struktur bzw. eines Flächenmusters, die ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist;

Fig. 4a und 4b

Darstellungen von Kantenbereichen von Scan-Zeilen;

Fig. 5a

ein festes Pixel-Raster;

Fig. 5b

eine Pixel-Anordnung gemäß eines Ausführungsbeispiels der Erfindung; und

Fig. 5

ein Ausführungsbeispiel für eine Modulatortreiberlogik, die bei der Ausführungsform der Fig. 3 zur Anwendung kommen kann.

Vor einer detaillierten Erläuterung der Erfindung soll zunächst die Asymmetrie zwischen Kanten in zwei Richtungen einer Rast-Scan-Struktur erläutert werden. Figur 2a zeigt, daß in einem Querschnitt senkrecht zur Scan-Zeile die gesamte Energie auf die Scan-Zeilen 201 zentriert ist mit einer Streuung um jede Scan-Zeile. Die Steilheit der Kante 202 einer daraus resultierenden Belichtung 203 ist durch den Verlauf der Streufunktion allein bestimmt. Durch geeignete Wahl des Scan-Zeilensabstandes in Abhängigkeit von der Zeilenbreite läßt sich in der gefüllten Struktur mit fast ebenen Belichtung erreichen. Das Erfordernis der ebenen und glatten Anfüllung zwischen den Scan-Zeilen bestimmt die Bestrahlungsfleckgröße. Wenn die Bestrahlungsfleckgröße einmal festgelegt ist, ergibt sich keine weitere Verschlechterung der

Kantenschärfe.

Wie die Figur 2b zeigt, sind in Richtung entlang der Scan-Zeilen zwei Effekte wirksam, die die Kante weniger scharf machen. Der erste Effekt beruht darauf, daß der Modulator kein idealer Schalter ist, sondern eine endliche Anstiegszeit hat, die eine gewisse Unschärfe bei der Struktur verursacht. Der zweite Effekt ist mehr fundamental. Die Strahlungsenergie wird an den Pixelpunkten nicht blitzartig abgegeben, sondern an den Pixelpunkten ein- und ausgeschaltet. Aus der Figur 2b ist zu ersehen, daß eine große Anzahl an schwachen Zeilenstreuungsfunktionen 204 über den Bereich verstreut ist, über welchen der Strahl eingeschaltet ist. Hierdurch wird eine eben ansteigende integrierte Belichtung 205 erreicht. In einer typischen Raster-Scan-Struktur sind die Kanten 205 in Richtung längs der Scan-Zeilen um 30 % weniger steil als quer zur Scan-Zeile.

Die Kantenschärfe ist ein wichtiger Qualitätsparameter, und sie soll so hoch wie möglich sein. Jedoch ist auch die Symmetrie der Kantenschärfe in X- und Y-Richtung gleichermaßen wichtig. Der lichtempfindliche Überzug und das Chromätzverfahren einer Photomaske besitzen eine Schwelleneigenschaft. Diese wirkt sich so aus, daß der Chromfilm intakt bleibt an der Stelle, an welcher die Belichtungs-dosis unter dem Schwellenwert liegt, und an der Stelle entfernt wird, an welcher die Belichtungs-dosis über diesem Schwellenwert liegt. Eine unterschiedliche Kantensteilheit in den verschiedenen Richtungen verkomplizieren die Verfahrens- und Belichtungsabhängigkeit der Abmessungen in bearbeiteten Mustern noch mehr und erfordern einen erhöhten Kalibrierungsaufwand und erhöhte Genauigkeit bei der Prozeßsteuerung.

Die Y-Y-Asymmetrie könnte man eventuell durch einen elliptischen Brennfleck kompensieren. Eine eingehende Untersuchung zeigt jedoch, daß in einem vorgegebenen System die Anzahl der aufgelösten Punkte entlang der Scan-Zeile ein Systemparameter ist und ein elliptischer Brennfleck, der längs der Scan-Zeile verkürzt ist, zu einer Verkürzung der Scanzeile selbst führt und somit eine verringerte Schreibgeschwindigkeit bewirkt.

Bei der Erfindung wird ein verfeinertes Adressiergitter in einer Weise erreicht, die den praktischen und theoretischen obengenannten Beschränkungen optimal angepaßt ist, so daß mit geringem Aufwand an Schreibzeit, Datenvolumen und Kantendefinition ein verdichtetes Raster der Pixel erreicht wird.

Insbesondere kommt bei der Erfindung in der kreisförmigen Brennfleck zur Anwendung, der eine höhere als erforderliche Kantendefinition in Richtung quer zu den Scan-Zeilen gewährleistet. In dieser Richtung ist eine Antialiasing-Interpolation zwischen den Scan-Zeilen eingefügt, die eine Sub-

Scan-Zeilenadressierung gewährleistet. Der vorhandene Verlust an Kantendefinition wird aus der erhöhten Kantenschärfe genommen und stellt eine angenäherte Symmetrie zwischen Y- und Y-Richtung wieder her.

In Richtung entlang der Scan-Zeilen wird die erhöhte Adressenpunktdichte in der Weise gewährleistet, daß keine Verschlechterung der Kantenschärfe verursacht wird. Hieraus resultiert eine erhöhte Dichte der Pixel (Bildelementpunkte). Das resultierende, äußerst asymmetrische Raster mit wenigstens vierfach höherer Bildelementdichte in Richtung entlang der Scan-Zeilen, zusammen mit einer eindimensionalen Interpolation quer zu den Scan-Zeilen ermöglicht im Vergleich zu herkömmlichen Techniken ein feineres Adressenraster in beiden Richtungen, wobei die Kantendefinition in der schlechtesten Richtung kaum beeinträchtigt ist.

Das Erfordernis einer höheren Modulationsfrequenz tritt nicht auf, da die kleinste Strukturgröße, welche geschrieben werden muß, mit dem Adressenraster nicht schrumpft. Unter dieser Annäherung enthalten die Daten immer Dehnungen mehrerer Adressenpunkte mit konstanter Energie und ein geeignetes verdichtetes Datenformat, d. h. die Runlänge-Codierung verhindert ein Anwachsen des Datenvolumens proportional zur Dichte der Adressenpunkte.

In den Figuren 4a und 4b sind Querschnitte senkrecht zur Längsausdehnung der Scan-Zeilen durch einen Kantenbereich gezeigt. Die Figur 4a zeigt den Querschnitt eines Kantenbereiches ohne Interpolation und die Figur 4b den Kantenbereich mit Interpolation. Moderne photoempfindliche Überzüge besitzen eine äußerst harte Gradation. Sie besitzen einen Dosissschwellenwert, über welchem der lichtempfindliche Überzugsfilm in der Entwicklerlösung beseitigt wird und unterhalb welchem der lichtempfindliche Überzugsfilm unangegriffen bleibt. Die Figuren 4a und 4b zeigen jeweils zwei Linien, eine obere Linie 401 und eine untere Linie 402. Die obere Linie 401 stellt die untere Grenzlinie dar für die vollständige Beseitigung des lichtempfindlichen Überzugsfilms während der Entwicklungsbehandlung, und die untere Linie 402 stellt die obere Grenzlinie dar für die höchste Lichtdosis, bei welcher der Überzugsfilm nicht angegriffen wird. Für Lichtdosierungen zwischen den beiden Linien ist das Ergebnis unsicher und hängt ab von Unterschieden bei der Entwicklerlösungsstärke und -aggressivität sowie von der Überzugsschichtdicke und -empfindlichkeit. Diese Unsicherheitszone überträgt ein Zone von Randrauhigkeit und Merkmalabmessungsänderung 403. Natürlich soll das Belichtungsprofil so steil wie möglich sein. In der Figur 4b ist eine erste Scan-Zeile 404 mit geringerer Dosierung geschrieben, und die Kante 405 ist im Vergleich zur Kante in der Fig. 4a verschoben.

Ferner ist die Kante weniger steil, und die Zone der Randrauhigkeit 406 ist etwas breiter. Zur Verdeutlichung ist die Rauigkeit übertrieben dargestellt, und in Wirklichkeit entspricht die Differenz der Steilheit im Kantenbereich zwischen Figur 4a und 4b etwa der Steilheitsdifferenz zwischen Figur 2a und 2b.

Normalerweise ist die Interpolation an den Kanten der Strukturelemente in den Eingangsdaten nicht enthalten. Sie kann jedoch während der Datenaufbereitung zugefügt werden, obgleich auch der umgekehrte Weg möglich ist.

Im folgenden wird die Datenzuführung erläutert. Die Änderungen in dem äquivalenten Pixeldatenstream sind gering, was aus der Annahme bekannt ist, daß eine minimale Strukturgröße bedeutend größer ist als ein Pixel in Scan-Richtung. Hieraus ergeben sich zwei Konsequenzen, erstens, daß die Runlänge-Codierung (RLE) als Speicherformat wirksam ist und zweitens, daß die Hardware nicht so ausgebildet sein muß, daß sie einen beliebigen Bitstream erzeugt. In bevorzugter Weise kommt bei der Erfindung eine Hardware (Figur 3) zum Einsatz, welche Runlänge-codierte Daten direkt verarbeitet, d. h. einen Teil des Energiewerts und eines Dauer- bzw. Schalterpositionswertes.

Die wiederholte Ladung von RLE-Datenbestandteilen in eine Modulatortreiberlogik 6 tritt mit einer Rate auf, die normalerweise geringer ist als die Pixelrate. Das Laden der Daten erfolgt im Takt eines Datenliefertaktgebers, der eine Taktgeschwindigkeit hat, die kompatibel ist mit Standard-IC-Familien, z.B. FAST-TTL. Zwei Datenbestandteile können für eine wirkungsvolle Anwendung der zur Verfügung stehenden Bits zu einem Datenwort kombiniert werden. Die Modulatortreiberlogik 6 trennt Leistungs- und Änderungspositionsfelder am Eingang und liefert einer Modulationseinrichtung 5 das Leistungssteuersignal nach einer Zeit, die abgeleitet ist von einem oder beiden letzten Positionsfeldern. Wenn der Datenliefertakt eine Frequenz aufweist, die geringer ist als die Pixelrate, was normalerweise der Fall ist, wird die Verzögerung des Modulatorsteuersignals nicht von einem Zähler erzeugt, sondern es erfolgt bevorzugt eine Auswahl unter den verschiedenen Taktsignalen mit Zeitverzögerungen zwischen diesen.

Das Laden eines RLE-Bestandteiles für jeden Taktzyklus bzw. für jede Taktphase bei mehrphasigen Takten des Datenliefertaktes verbietet das Schreiben von Strukturelementen, welche kürzer sind als das Äquivalent eines Taktzyklusses bzw. einer Taktphase.

Die Strahlungsleistung kann entweder durch Modulation der Lichtquelle oder durch Verwendung eines Modulators mit kontinuierlicher Lichtquelle moduliert werden. Es ist auch möglich, eine nichtlineare Beziehung zwischen der Belichtung des ä-

bersten Pixels an der Kante eines Strukturlementes und der Verschiebung dieser Kante durch Verwendung eines Tabellenverfahrens oder anderer Korrekturverfahren vorzusehen. Ferner ist es möglich, die Belichtung von mehr als einer Pixelreihe entlang der Kante zu modifizieren, um einen Belichtungsgradienten zu erhalten, der unabhängig von der Position bezüglich der Scan-Zeilen ist.

Im Gegensatz zu dem Mehrfachdurchlaufprinzip, das in der GB-PS 2 215 553 verwendet wird, kommt bei der Erfindung eine variable Belichtung durch Modulation des Strahles auf verschiedene Leistungspegel während eines einzelnen Schreibdurchgangs zur Anwendung. Das Ergebnis ist ein beliebig feines Raster ohne Durchsatzprobleme.

Es ist möglich, die Erfindung in der Weise anzuwenden, daß aufeinanderfolgende Pixel mit unveränderter Leistung geschrieben werden können, ohne daß mehr als ein Steuerwort erzeugt wird.

In der Fig. 3 ist ein Ausführungsbeispiel für eine Vorrichtung dargestellt, mit welcher Strukturen (Flächenmuster) auf lichtempfindlich beschichteten Unterlagen hergestellt werden können. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel wird ein Substrat 3 in Form einer Glasplatte verwendet, die mit einem lichtempfindlichen Überzug, beispielsweise einem Photolack, beschichtet ist. Die Glasplatte 3 befindet sich auf einem Objektisch 19, der in X- und Y-Richtung bewegt werden kann. Ein Schreibkopf mit einer Fokussierungslinse 15 und einer Ablenkeinrichtung 14, die bevorzugt als akustooptische Ablenkeinrichtung ausgebildet ist, ist in den X- und Y-Richtungen stationär angeordnet. Die Fokussierungslinse 15 kann jedoch frei in vertikaler Richtung (Z-Richtung) bewegt werden. Sie befindet sich wenige Mikron über der Oberfläche der Glasplatte 3 auf einem Luftkissen. Da das Luftkissen nur mit dem Gewicht der Fokussierungslinse 15 belastet ist, läßt sich aufgrund der Unabhängigkeit von der Z-Koordinate die Höhe des Luftkissens konstant halten, so daß die Oberfläche der Glasplatte 3 sich immer in der Brennebene befindet, selbst wenn die Oberfläche uneben ist.

Eine Laserstrahlquelle 13 erzeugt einen Laserstrahl, der von einer Modulatoreinrichtung 5, insbesondere akustooptische Modulareinrichtung, im Hinblick auf seine Leistung, insbesondere Intensität, moduliert wird. Die Fokussierungslinse 15 fokussiert den Laserstrahl und bildet einen fokussierten Laserstrahl 1, der auf die Oberfläche des als Glasplatte ausgebildeten Substrats 3 gerichtet ist.

Zur Überwachung der Positionierung des Objektisches 19 sind Positionsüberwachungsrichtungen 18x und 18y vorgesehen. Diese überwachen die Positionierung des Objektisches 19 in der X- und Y-Richtung relativ gegenüber dem Schreibkopf (Ablenkeinrichtung 14 und Fokussierungslinse 15). Sie bilden zusammen mit Elektromotoren 17x

und 17y einen Servomechanismus, der die genau gesteuerte Bewegung des Objektisches 19 bewirkt.

Der in X-Richtung wirkende Servomechanismus bewegt den Objektisch 19 mit Hilfe des Elektromotors 17x, der bevorzugt als Linearmotor ausgebildet ist, in der X-Richtung mit einer konstanten Geschwindigkeit zur Erzeugung von Streifen 30 mit einer bestimmten Breite beim Scanning des Laserstrahls 1 in den Scan-Zeilen 2. Wenn ein jeweiliger Streifen 30 beendet ist, führt der X-Servomechanismus einen Rückholhub in die Ausgangsposition aus. Anschließend wird der Objektisch 19 durch den Elektromotor 17y, der bevorzugt als Schrittmotor ausgebildet ist, um eine Streifenbreite in der Y-Richtung bewegt.

Eine Scanning-Schaltung 26 erzeugt ein hochfrequentes Ablenksignal mit linearer Rampenfunktion. Die Scanning-Schaltung 26 ist mit der Ablenkeinrichtung 14 verbunden. Hierdurch wird eine lineare Ablenkung des Laserstrahls 1 in der Breite des jeweiligen Streifens 30 bewirkt. Der Brennpunkt des fokussierten Laserstrahls 1 wird entlang der Scan-Zeilen 2, die senkrecht zur Längsausdehnung der Streifen 30 verläuft, auf der Oberfläche der Glasplatte 3 abgelenkt. Mit 8 sind die Positionen der Pixel in den Scan-Zeilen 2 lediglich schematisch, d.h. nicht maßstabgerecht, bezeichnet.

Die Laserstrahlquelle (HeCd) 13 erzeugt den Laserstrahl 1 mit bevorzugter Wellenlänge von 442 nm. Der Laserstrahl wird durch den akustooptischen Modulator 5 geleitet. Dieser wird von einem hochfrequenten Modulationsantriebssignal 4 angesteuert. Das Modulationsantriebssignal 4 wird von einer Modulatortreiberlogik 6 geliefert. Die Leistung des Modulationsantriebssignals 4 wird von einem analogen Modulationsantriebssignal eines Digital-Analogumsetzers gesteuert. Der Digital-Analogumsetzer, welcher in der Modulatortreiberstufe 6 vorhanden ist (Figur 6), wird von einem Leistungssteuersignal 7 über einen bevorzugt als Register ausgebildeten Speicher gesteuert. Dieser speichert das für die Steuerung erforderliche digitale Leistungssteuerwort.

Die Figur 6 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der in der Figur 3 verwendeten Modulatortreiberlogik. Diese besitzt zwei als Register 605 und 608 ausgebildete Speicher für Bitwörter. Das Register 605 ist mit Leistungsdaten 7, welche von der Datenliefereinrichtung 24 (Figur 3) kommen, geladen. Das Register 608 ist mit Verzögerungsdaten 25, welche ebenfalls von der Datenliefereinrichtung 24 kommen, geladen. Dies erfolgt aufgrund eines vom Taktsignal 31 verursachten Übergangs. Ein Digital-Analogwandler 606 wird dabei noch betrieben von vorher im Speicher 607, gespeicherten Leistungsdaten. Dieser kann ebenfalls als Register ausgebildet sein. Ein digitalgesteuertes Verzöger-

rungsschaltung 609 überträgt das Taktsignal 31 mit Verzögerung auf ihre Ausgangsseite. Die Verzögerung hängt ab von den Daten, die im Register 608 gespeichert sind. Nach dieser Verzögerung wird die aktive Flanke des Taktsignals am Ausgang 610 der Verzögerungsschaltung 609 geliefert. Der im Register 605 gespeicherte Wert wird in das Register 607 geladen und der Eingangsseite des Digital-Analogwandlers 606 zugeführt. Nach der internen Verzögerung im Digital-Analogwandler 606 wird ein neues analoges Leistungssteuersignal 7 am Ausgang der Modulatortreiberstufe der Modulatoreinrichtung 5 zugeleitet.

Das Ausführungsbeispiel der Figur 3, in welcher die dick ausgezogenen Pfeillinien den Fluß der Strukturdaten und die dünn ausgezogenen Linien die Leitungen für die Steuersignale darstellen, enthält ferner die Schreibsteuereinheit 29, welche als Prozessor ausgebildet sein kann. Die Schreibsteuereinheit 29 initiiert das Lesen der Daten aus einem Speicher 23 und sendet Anweisungs- bzw. Befehlssignale an eine XY-Servosteuerereinheit 27 für die Bewegungssteuerung des Objektisches 19. Ein Taktgenerator 28 erzeugt das Taktsignal 31, das den Betrieb der Datenlieferlogik bzw. Datenlieferereinrichtung 24, der Modulatortreiberlogik 6 und der Ablenkschaltung 26 synchronisiert. Von der Servosteuerereinrichtung 27 wird ferner ein getrenntes Bereitschaftssignal 32 an die Ablenkschaltung 26 geliefert. Dieses Bereitschaftssignal 32 stellt sicher, daß der Betrieb der Ablenkeinrichtung 14 so lange ruht, bis der Objektisch 19 seine richtige X-Position erreicht. Auf diese Weise wird im Hinblick auf die Ablenkeinrichtung 14 eine genaue Positionierung des Objektisches 19 erreicht. Da die Modulatoreinrichtung 5 und die Ablenkeinrichtung 14 trägheitsfrei arbeiten und von dem gleichen Taktsignal 31 angetrieben sind, erzielt man eine hohe Positionsgenauigkeit.

Die XY-Servosteuerereinheit 27 arbeitet somit zeitabgestimmt mit dem Servosystem (17x, 17y, 18x, 18y) und der Ablenkschaltung 26 zusammen, so daß sichergestellt ist, daß die Scan-Zeilen-Streifen 30, das Scanning in der jeweiligen Streifenbreite durch die Ablenkeinrichtung 14 und die Modulation durch die Modulatoreinrichtung 5 synchron ausgeführt werden. Hierdurch wird gewährleistet, daß der Durchschnittspositionsfehler geringer als 0,05 Mikron, einschließlich der Umwelteinflüsse auf die Laserinterferometer (Positionsüberwachungseinrichtungen 18x und 18y), ist. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel besitzt das Positionswort 16 Bits, und das Leistungswort besitzt vier Bits. Man kann in Raster von  $0,5 \times 0,037$  Mikron ohne Antialiasing erzielen. Hieraus ergeben sich Annäherungsfelder, die mit den eingangs beschriebenen Anforderungen kompatibel sind. Die Taktfrequenz beträgt bevorzugt 25

MHz, und die Scanlänge, welche der Breite der Streifen 30 entspricht, beträgt bevorzugt 160 Mikron. Unter Berücksichtigung der Scanning- und Streifenrücklaufhubzeiten beträgt die Schreibgeschwindigkeit vier Quadratmillimeter pro Sekunde mit einem einzelnen Schreibstrahl.

Bei der Erfindung können anstelle des einzelnen Schreibstrahls auch mehrere Schreibstrahlen verwendet werden. Man benötigt dann eine entsprechende Anzahl an Modulatoren, Linsen und parallelen Datenbahnen usw..

Das Positionsfeld enthält ausreichend Daten, um eine absolute Position für eine Leistungsänderung zu berechnen. Das Positionsfeld ist jedoch nicht unbedingt als Absolutposition codiert. Insbesondere im Falle gepaarter Leistungs- und Runlänge-Daten kann die Runlängecodierung ausgeführt sein entweder als ein Abstand, um den Stromwert vor der nächsten Änderung festzuhalten oder als ein Abstand, um den nächsten Stromwert festzuhalten oder als eine Absolutposition, an welcher der nächste Wert beginnt, oder als Absolutposition, an welcher der nächste Wert endet oder als eine andere ausreichende Codierung. Ferner kann das Positionsfeld zwei Unterfelder aufweisen mit einem absolut ausgebildeten Unterfeld und einem anderen relativ ausgebildeten Unterfeld. Anstelle der Modulatoreinrichtung 5 kann auch eine modulierte Lichtquelle, beispielsweise ein Halbleiterlaser oder mehrere Halbleiterlaser, verwendet werden.

Eine Dateneingabeeinrichtung 20 enthält digitale Eingangsdaten für eine auf dem Substrat 3 herzustellende Struktur 9. Diese Daten liegen in Form einer Liste von Strukturelementen 12 bzw. 16 bzw. regelmäßigen Strukturformularen oder Strukturkonstanten vor, so daß die Strukturelemente berechnet werden können. Die Spezifizierung der Belichtung kann auf eine Maximalbelichtung normalisiert sein oder im Falle eines einzelnen Belichtungswertes für alle Muster implizit angenommen werden. In allen Fällen können X- und Y-Längenskalen, der Winkel zwischen den Achsen und die absolute Belichtungsdosis durch die Bedienungsperson von dem, was in den Eingangsdaten spezifiziert ist, modifiziert werden. Es können auch andere Verarbeitungen der Daten durchgeführt werden, beispielsweise Spiegelung, Inversion, Grauskalenkorrekturen und Vorkompensierungen für Unterätzung oder Näherungswirkungen. Der Liefertakt kann ein Einzelphase- oder Mehrphasentakt sein. Das Laden der RLE(Runlängecodierung)-Dateninhalte kann in einem Register oder auch in zwei oder mehr Registern durchgeführt werden. Die Decodierlogik kann einen Vorabruf oder einen Puffer zur Erhöhung der Betriebsgeschwindigkeit aufweisen.

Zur Erhöhung der Betriebsgeschwindigkeit ist es auch möglich, einen Teil der Datenwege zu vervielfachen, beispielsweise die Modulatortreiber-



logik mehrfach vorzusehen, selbst wenn nur ein Laserstrahl zum Einsatz kommt.

Die Relativbewegung zwischen Schreibkopf und Substrat kann dadurch gewonnen werden, daß der Schreibkopf sich gegenüber dem ortsfesten Substrat bewegt oder umgekehrt. Ferner ist es möglich, daß sich der Schreibkopf in eine Richtung und das Substrat in einer senkrechten Richtung dazu bewegt.

Bei dem in der Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel werden in der Dateneingabeeinrichtung 20 die geometrischen Eigenschaften der herzustellenden Struktur 9 bzw. Strukturelemente 12, 16 zusammen mit ihrer Belichtung in einem Format 10 das an eine Datenaufbereitungseinrichtung 21 weitergegeben wird, spezifiziert. In der Datenaufbereitungseinrichtung 21 werden die geometrischen Daten in ein verdichtetes Zwischenformat 22 umgewandelt. Dieses verdichtete Zwischenformat 22 wird in eine digitale Speichereinrichtung 23 eingegeben. Ferner wird das verdichtete Zwischenformat einer Datenliefereinrichtung 24 zugeführt, in welcher die gespeicherten Daten in ein internes Datenformat aufbereitet werden. Dieses interne Datenformat besteht aus einem Paar von Dateninhalten 7 und 25, nämlich einem Dateninhalt 7 für die Strahlleistung und einem Dateninhalt 25 für die Position. Dieser Dateninhalt 25 kann, wie schon in Zusammenhang mit Figur 6 erläutert wurde, Verzögerungsdaten beinhalten. Der Dateninhalt 7 für die Strahlleistung wird in Form eines Leistungssteuersignals 7 und der Dateninhalt für die Position in Form eines Positionssignals 25 der Modulatortreiberstufe 6 zugeleitet. Die Modulatortreiberstufe, welche als Logikschaltung ausgebildet ist, ruft diese Daten aus der Datenliefereinrichtung 24 ab. Die Modulatortreiberstufe 6 liefert das Modulationsantriebsignal 4, welches an den in regelmäßigen Abständen entlang der senkrecht zu den Streifen 30 verlaufenden Scan-Zeilen 2 angeordneten Pixelpunkten 8 veränderbar ist. Der Abstand zwischen zwei benachbarten Pixelpunkten 8 längs der Scan-Zeilen 2 ist um einen Faktor von wenigstens 4 kleiner als der Abstand zwischen zwei benachbarten Scan-Zeilen.

Durch die Erfindung läßt sich eine feine Struktur 9, die aus den Strukturelementen 12, 16 zusammengesetzt ist, mit Hilfe des fokussierten Laserstrahls 1 herstellen, dessen Genauigkeit vergleichbar ist mit solchen Strukturen, die mit Hilfe von Elektronenstrahlmaschinen hergestellt sind. Jedoch benötigt man bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung einen erheblich geringeren Aufwand als bei Elektronenstrahlmaschinen. Ferner erreicht man eine erhebliche Verbesserung des Adressenrasters dadurch, daß in Längsrichtung der Scan-Zeilen der Abstand zwischen benachbarten Pixelpunkten geringer bemessen wird als der Abstand zwischen

benachbarten Scan-Zeilen. Dies führt zu einer Verbesserung der Adressier- bzw. Rasterauflösung mit geringer Kantenstörung als bei einem Antialiasingschema unter Beibehaltung eines handhabbaren Datenvolumens.

Die Fig. 5a zeigt ein festes Raster mit kleinen Kreisen, welche die beugungsbegrenzte Ausdehnung eines jeden Pixel zeigt. Die Pixel sind auf einem Pixelraster 504 zentriert, und ein Scan-Zeilenstreifen 503 wird durch aufeinanderfolgende Scan-Zeilen 502 gebildet. Die Pixel sind auf der Scan-Zeile 502 zentriert und in gleichen Abständen voneinander angeordnet. Der Pixelabstand und der Abstand aufeinanderfolgender Scan-Zeilen 507 ist gleich groß bemessen. Die Figur zeigt eine belichtete Scan-Zeile 502 und einen mit Pixel angefüllten Bereich, der sich über drei Streifen 503 erstreckt. Dieser Bereich besitzt eine gegenüber der Vertikalen schräg verlaufende Kante 5 und eine gegenüber der Horizontalen schräg verlaufende Kante 506. Bei der dargestellten Struktur ist es nicht möglich, die Kante an fraktionellen Pixelpunkten zu positionieren. Der schräge Kantenverlauf ist daher zackig ausgebildet.

Die Figur 5b zeigt eine erfindungsgemäße Pixelanordnung. Die Pixeldichte entlang der Scan-Zeilen 502 ist höher, und zwar um mindestens das Vierfache höher als in Richtung der Längsausdehnung der Streifen 503 bzw. senkrecht zur Scan-Zeile 502. In der Figur 5b ist dies durch die Abstände A1 und A2 noch verdeutlicht. A1 bedeutet den Abstand der jeweiligen Pixeladressierung in einer Scan-Zeile 502, und der Abstand A2 kennzeichnet den Abstand der jeweiligen Scan-Zeilen 502 voneinander. Wie aus der Fig. 5b zu erkennen ist, gewinnt man hierdurch eine äußerst feine Adressierung an der vertikalen Kante. Es läßt sich daher ein relativ glatter Verlauf auch bei einer gegenüber der vertikalen schräg verlaufenden Kante 508 erreichen.

Die bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung in vorteilhafter Weise noch zur Anwendung kommende Leistungsmodulation verbessert auch eine gegenüber der Horizontalen schräg verlaufende Kante 509, wie aus der Fig. 5b eindeutig zu ersehen ist. Es zeigt sich somit, daß man eine äußerst feine Adressierung bei der Erfindung erreicht und außerdem einen glatten Kantenverlauf auch bei schrägen Kanten erreichen kann. Diese Vorteile werden erreicht, obgleich die Schreibzeit sich bei der Ausführungsform der Fig. 5a und der erfindungsgemäßen Ausführungsform der Fig. 5b nicht unterscheidet. Mit der Erfindung erreicht man eine Erhöhung der Vielseitigkeit beim Schreiben unterschiedlicher Flächenmuster bzw. Strukturen und eine zusätzliche Freizügigkeit gegenüber dem durch die Scan-Zeilen und den Pixeltakt vorgegebenen diskreten Raster.

# Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Flächenmustern, insbesondere Strukturen, für welche Position und Abmessung von fundamentalen Strukturformen in Inkrementschritten gesteuert werden, die wesentlich kleiner sind als die Abmessung der kleinsten fundamentalen Strukturform, auf einem Substrat, bei dem
  - in Abhängigkeit von einem Format, das die Struktur und ihre Belichtung angibt, mit Hilfe wenigstens eines modulierten und fokussierten Laserstrahls eine auf der Unterlage angeordnete lichtempfindliche Schicht entlang paralleler, in gleichen Abständen voneinander angeordneten Scan-Zeilen in längs der Scan-Zeilen gleiche Abstände voneinander aufweisende Pixel belichtet wird,
 dadurch gekennzeichnet, daß
  - die Pixeldichte in Richtung der Scan-Zeile um einen Faktor von wenigstens vier größer bemessen wird als die Pixeldichte senkrecht zu den Scan-Zeilen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pixeldichte in einer Scan-Zeile um einen Faktor von wenigstens fünf größer ist als die Pixeldichte senkrecht zu den Scan-Zeilen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Pixeldichte in einer Scan-Zeile um einen Faktor von wenigstens acht größer ist als die Pixeldichte senkrecht zu den Scan-Zeilen.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß
  - die Leistung des wenigstens einen Laserstrahls durch ein Modulationsantriebssignal gesteuert wird, das aus mehreren vorbestimmten Modulationsantriebssignalen in Abhängigkeit vom Wert eines digitalen Leistungssteuersignals ausgewählt wird,
  - wobei der Wert des Leistungssteuersignals der Belichtung der herzustellenden Struktur, die in Eingangsdaten spezifiziert ist, entspricht.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß
  - das Modulationsantriebssignal nur an den in regelmäßigen Abständen voneinander entlang den Scan-Zeilen angeordneten Pixelpunkten geändert wird; und
  - der Wert des Leistungssteuersignals für eine gegebene Strahlposition dann aus der in den Eingangsdaten spezifizierten Belichtung modifiziert wird, wenn der zu den Scan-Zeilen senkrechte Abstand zwischen einer Kante zwischen zwei Strukturelementen und der Strahlposition geringer ist als das k-fache des Abstandes zwischen benachbarten Scan-Zeilen, wobei k eine Konstante ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Modifizierung des Leistungssteuersignals für eine gegebene Strahlposition eine Interpolation zwischen den Leistungswerten, die in den Eingangsdaten für das Signal der beiden Strukturelemente gegeben sind, durchgeführt wird, wobei die Gewichte für die beiden Werte Funktionen des zu den Scan-Zeilen senkrechten Abstandes zwischen der Strahlposition und der Kante sind.
7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Konstante (k) einen Wert von 0,4 bis 2,1 aufweist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Pixel, an denen der Wert des Modulationsantriebssignals geändert wird, durch ein digitales Positionssignal bestimmt werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Leistungssteuersignal und das digitale Positionssignal für die Bildung des Modulationsantriebssignals verwendet werden und gepaarte Datenfelder, nämlich ein Leistungsfeld und ein Positionsfeld bilden.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Daten Runlänge-codiert sind.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß am Leistungssteuersignal eine Tabellenleseverschiebung durchgeführt wird, bevor es für den Modulationsantrieb verwendet wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß am digitalen Positionssignal eine Tabellenleseverschiebung durchgeführt wird, bevor es zur Zeitsteuerung des Modulationsantriebssignals verwendet wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei den Positionsdaten des Posi-

tionssignals eine Tabellenleseverschöbung um wenigstens ein Bit durchgeführt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Daten für die Bildung des Modulationsantriebssignals in regelmäßigen Zeitabständen gelesen werden, welche durch einen Datenliefertakt bestimmt werden. 5
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Abstand zwischen zwei Pixels entsprechende Zeit geringer bemessen wird als eine Periode des Datenliefertaktes. 10
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Bit der Daten des Positionsfeldes während eines Zyklus des Datenliefertaktes aus einem Datenlieferspeicher parallel gelesen werden. 15
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Positionsfeld aus zwei Unterfeldern, einem Taktzyklusfeld zur Steuerung eines Datenliefertaktzyklus, während welchem ein Ereignis zeitlich festgelegt wird, und einem Untertaktzyklusfeld zur Steuerung der Verzögerung für das Ereignis innerhalb des Taktzyklus zusammengesetzt wird. 20
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Modulationsantriebssignal nicht mehr als einmal während eines jeweiligen Liefertaktzyklus ändert. 25
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Oberfläche der Unterlage ein durch den wenigstens einen Laserstrahl zu belichtender Überzug aus Photolack aufgebracht wird. 30
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß für die Struktur nur zwei unterschiedliche Belichtungen verwendet werden. 35
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß für die beiden Belichtungen eine Null- und eine konstante Nichtnull-Belichtung verwendet werden. 40
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die parallelen Scan-Zeilen durch wiederholte lineare eindimensionale Ablenkung der Laserstrahl fo-

kussierenden Linse (15) und eine geradlinige Relativverschiebung der Oberfläche des Substrats gegenüber dem fokussierten Laserstrahl mit konstanter Geschwindigkeit in einer Richtung in wesentlichen senkrecht zur eindimensionalen Ablenkung des Laserstrahls in nebeneinanderliegenden Streifen erzeugt werden.

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Scan-Länge (Streifenbreite) kürzer ist als die Strukturlänge, wobei mehrere Schreibhinläufe für mehrere Streifen mit einem Rücklauf und eine Seitwärtsverschiebung zwischen jedem Schreibhinlauf bzw. hergestellten Streifen durchgeführt werden. 15
24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß aufeinanderfolgende Schreibläufe (Streifen) mit Überlappung von wenigstens einem Pixel geschrieben werden. 20
25. Verfahren nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß aufeinanderfolgende Schreibläufe (Streifen) mit einer Überlappung, die wenigstens einer Periode des Datenliefertaktes entspricht, geschrieben werden. 25
26. Vorrichtung zum Schreiben von Strukturen auf einer lichtempfindlichen Oberfläche eines Substrats mit
  - einer oder mehreren Quellen (13,5) für einen oder mehrere modulierte Laserstrahlen (1);
  - wenigstens einer Fokussierungslinse (15) zur Fokussierung des wenigstens einen Laserstrahls auf die lichtempfindliche Oberfläche (3);
  - einer Ablenkeinrichtung (14) zur Erzeugung einer Scanningwirkung zwischen Lichtquelle und der Fokussierungslinse; und
  - einer mechanischen Einrichtung (17, 19) zur Bewegung der Oberfläche relativ gegenüber dem wenigstens einen abtastenden Laserstrahl (1);
 gekennzeichnet durch
  - eine Dateneingabeeinrichtung (20) zum Empfang von Strukturdaten in einem Format (10), das geometrische Eigenschaften der Struktur (16) zusammen mit ihrer Belichtung spezifiziert;
  - eine Datenaufbereitungseinrichtung (21) zur Umwandlung der geometrischen Daten in ein verdichtetes Zwischenformat (22);
  - eine digitale Speichereinrichtung (23), in welcher die verdichteten umgewandelten Daten (22) für die Struktur gehalten werden.

- den;
- ein Datenliefereinrichtung (24) zum Aufbereiten der gespeicherten Daten in in intern s Datenformat, bestehend aus einem Paar von Dateninhalten, von denen ein Dateninhalt (7) für die Strahlleistung (Leistungsdaten) und ein Dateninhalt (25) für die Position (Positionsdaten), an welcher die Strahlleistung geändert wird, vorgesehen sind;
  - eine Modulatortreiberlogik (6) zum Abrufen von Daten aus der Datenliefereinrichtung (24) und Ändern des Modulationsantriebs signals in Abhängigkeit von den Leistungsdaten nach einer durch die Positionsdaten bestimmten Verzögerung,
  - wobei durch die Modulatortreiberlogik (6) das Modulationsantriebs signal an den in regelmäßigen Abständen entlang der Scan-Zeilen angeordneten Pixel veränderbar ist und der Abstand zwischen zwei benachbarten Pixel um einen Faktor von wenigstens vier kleiner ist als der Abstand zwischen zwei benachbarten Scan-Zeilen; und
  - der Wert des Leistungssteuersignals der Belichtung der herzustellenden Struktur, die in Eingangsdaten spezifiziert ist, entspricht.
27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die mechanischen Bewegungen der Fokussierungslinse (15) gegenüber der Oberfläche des Substrats (3) durch geschlossene Schleifensteuersysteme (17x, 17y, 27) unter Verwendung von Positionsüberwachungseinrichtungen (18x, 18y) gesteuert sind.
28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionsüberwachungseinrichtungen (18x, 18y) Laserinterferometer sind.
29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß für die mechanische Relativbewegung zwischen der Oberfläche des Substrats (3) und dem abtastenden Laserstrahl (1) in wenigstens einer Richtung ein elektrischer Linearmotor (17) vorgesehen ist.
30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (3) von in mechanischen luftgelagerten Objektisch (19) gestützt ist.
31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl (1) durch akustooptische Ablenkung (Ablenkeinrichtung 14) seine Scan-Bewegung erhält.
32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (3) ein Photomaskenausgangsmaterial ist.
33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkeinrichtung (14) zwischen der Laserlichtquelle (13) und der Fokussierungslinse (15) angeordnet ist.
34. Auf einer Unterlage durch Belichtung einer lichtempfindlichen Schicht mit Laserstrahllicht hergestelltes Flächenmuster, insbesondere Struktur, das bzw. die aus mehreren, in parallelen Linien angeordneten Pixel besteht, dadurch gekennzeichnet, daß die Pixeldichte in einer Scan-Zeile (502) um wenigstens das Vierfache größer bemessen ist als die Pixeldichte senkrecht zu den Scan-Zeilen.
35. Struktur nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Pixeldichte in einer Scan-Zeile (502) um wenigstens das Fünffache größer bemessen ist als die Pixeldichte senkrecht zu den Scan-Zeilen.
36. Struktur nach Anspruch 34 oder 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Pixeldichte in einer Scan-Zeile (502) um wenigstens das Achtfache größer bemessen ist als die Pixeldichte senkrecht zu den Scan-Zeilen (502).
37. Struktur nach einem der Ansprüche 34 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß die Scan-Zeilen (502) in senkrecht zu den Scan-Zeilen sich erstreckenden Streifen (503) angeordnet sind, deren Breite der Länge der Scan-Zeilen (502) entspricht, und daß mehrere Streifen (503) zur Bildung von Strukturelementen (16) nebeneinander angeordnet sind.
38. Struktur nach einem der Ansprüche 34 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß die Belichtung für jeweilige in regelmäßigen Abständen (A1) voneinander entlang den Scan-Zeilen (502) angeordneten Pixelpunkten (8) geändert ist, wenn der zu den Scan-Zeilen (502) senkrechte Abstand zwischen einer Kante zwischen zwei Strukturelementen (12) und der Strahlposition geringer ist als das k-fache des Abstands zwischen benachbarten Scan-Zeilen, wobei k eine Konstante ist.
39. Struktur nach einem der Ansprüche 34 bis 38,

dadurch gekennzeichnet, daß der modifizierte Belichtungswert der jeweiligen Pixel eine Interpolation zwischen den Leistungswerten, die in den Eingangsdaten für das Signal der beiden Strukturelemente (12) gegeben sind, ist, wobei die Gewichte für die beiden Werte Funktionen des zu den Scan-Zeilen (502) senkrechten Abstandes zwischen der Pixelposition und der Kante sind.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Prior art

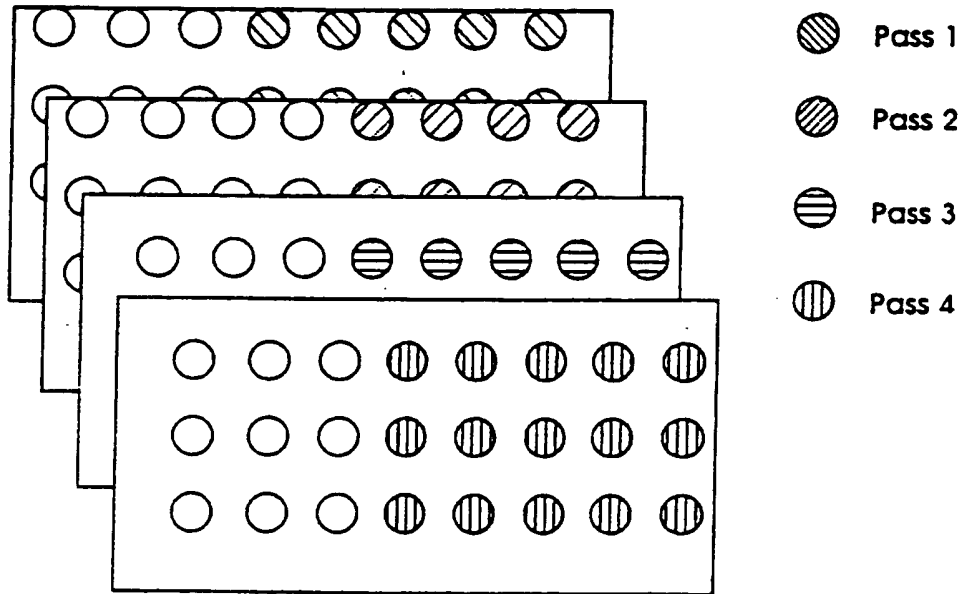


Fig. 1a

Prior art

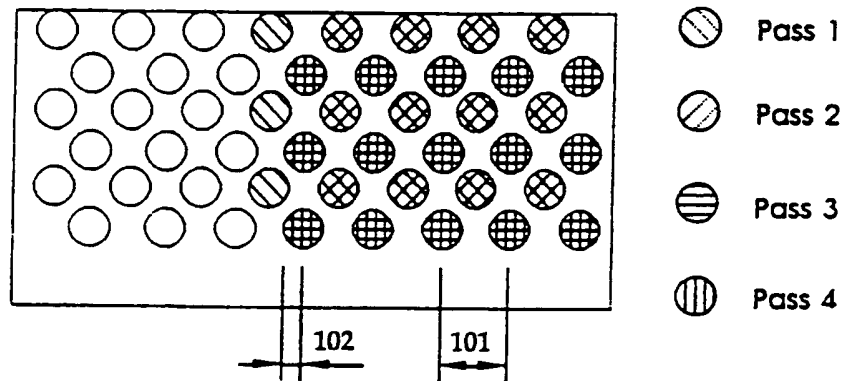


Fig. 1b

Prior art

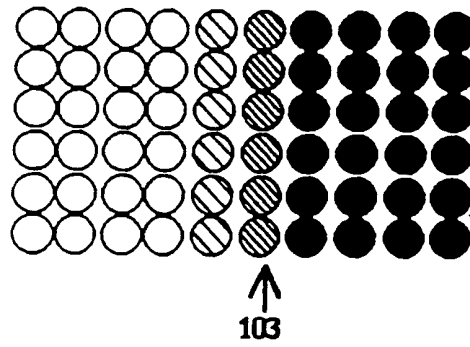


Fig. 1c

Prior art

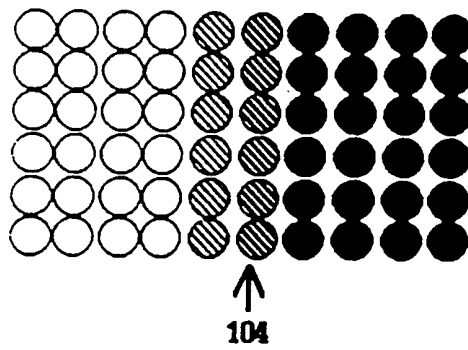


Fig. 1d

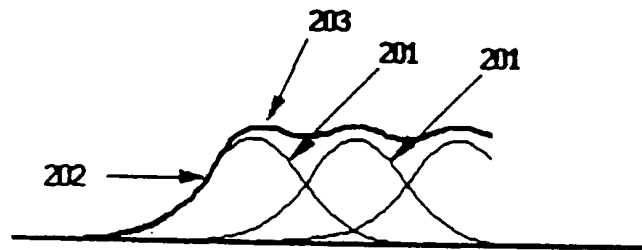


Fig. 2 a

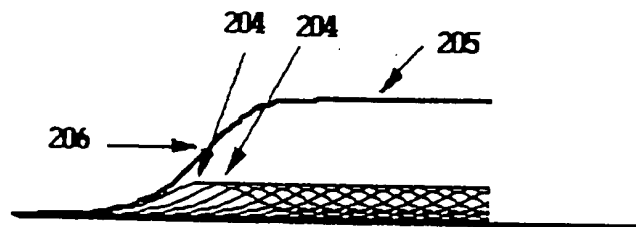


Fig. 2 b



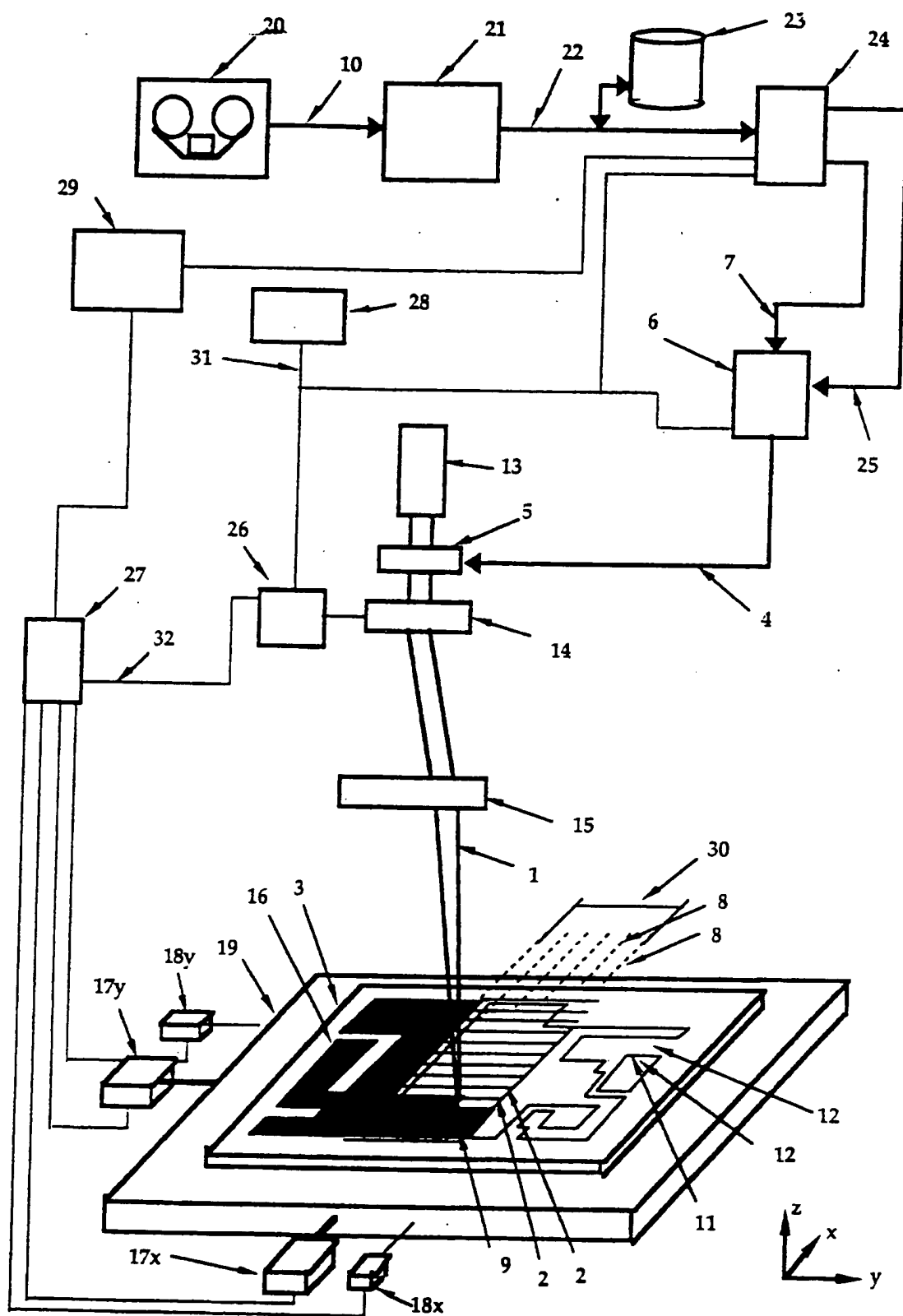


Fig. 3

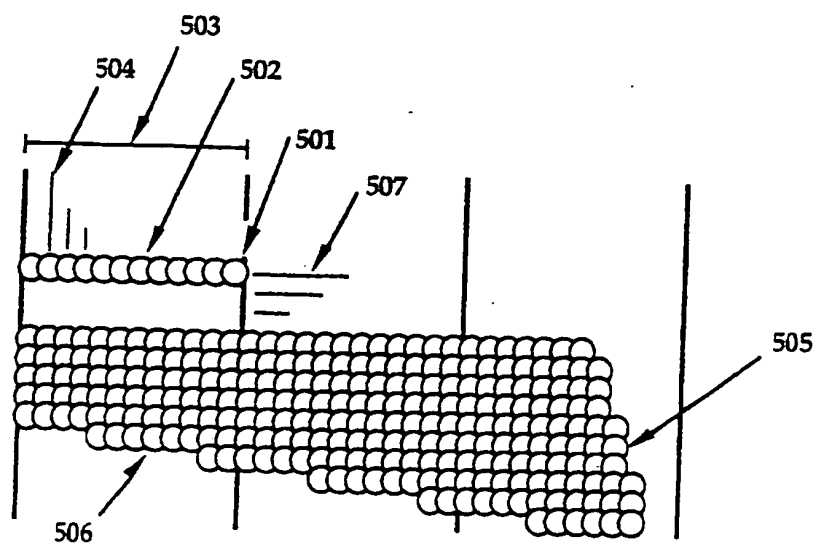


Fig. 5a

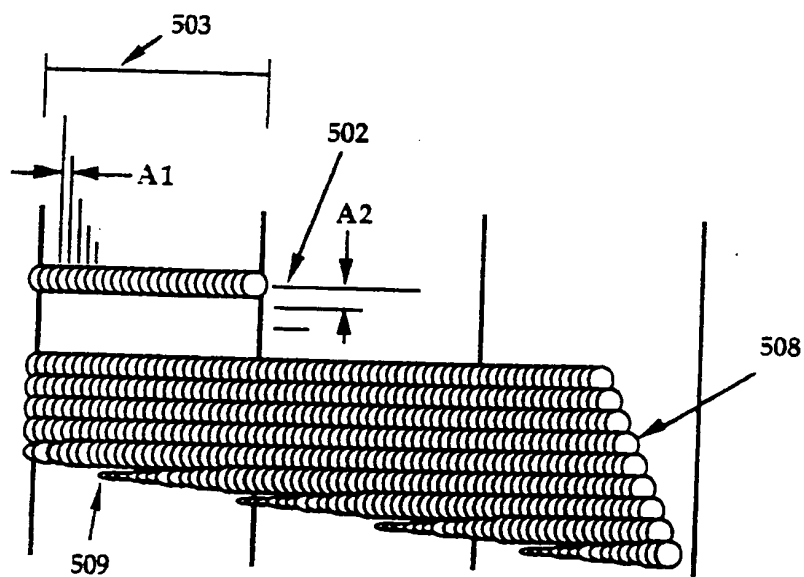


Fig. 5b

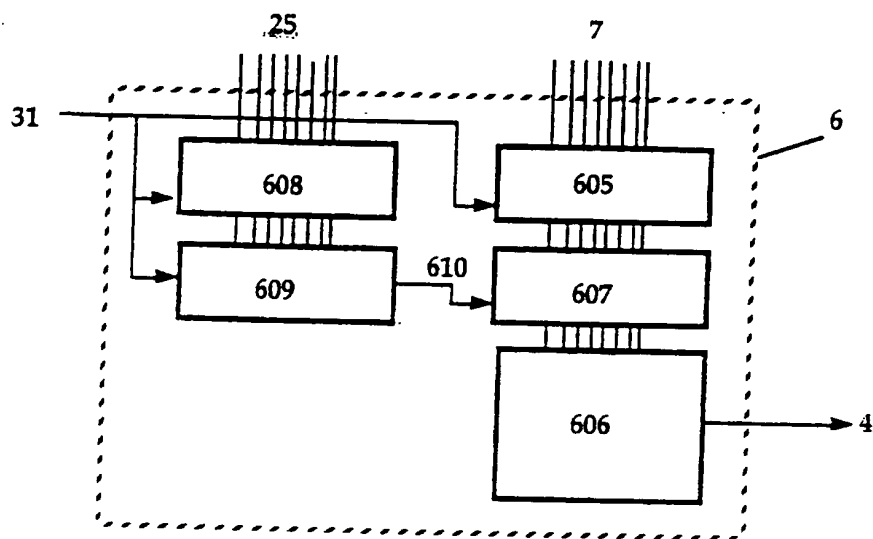


Fig. 6